

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-53199

(P 2 0 0 1 - 5 3 1 9 9 A)

(43) 公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード (参考)
H01L 23/15		H01L 23/14	C
23/12		H05K 1/03	E
H05K 1/03	610	H01L 23/12	D
			J

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全5頁)

(21) 出願番号	特願平11-229607	(71) 出願人	000003296 電気化学工業株式会社 東京都千代田区有楽町1丁目4番1号
(22) 出願日	平成11年8月16日 (1999.8.16)	(72) 発明者	伏井 康人 福岡県大牟田市新開町1 電気化学工業株式会社大牟田工場内
		(72) 発明者	吉野 信行 福岡県大牟田市新開町1 電気化学工業株式会社大牟田工場内
		(72) 発明者	辻村 好彦 福岡県大牟田市新開町1 電気化学工業株式会社大牟田工場内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 回路基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 半田や窒化アルミニウム基板へのクラック発生のみならず、ボンディングワイヤやメッキの剥離損傷を著しく少なくすることができる高信頼性回路基板を製造すること。

【解決手段】 窒化アルミニウム基板の表裏面に、Al-Cu-Mg系合金箔の接合材を介してAl板を配置し、それを加熱処理して接合体を製造した後エッチングを行い、窒化アルミニウム基板の一方の面にAl回路、他方の面にAl放熱板を形成させる方法であって、上記Al板が、厚み0.2mm以上、圧延率10%以上、かつ冷間加工後に軟化熱処理が施こされていない圧延Al板であり、また上記窒化アルミニウム基板が、X線回折ピーク強度比で、 $3Y_2O_3 \cdot 5Al_2O_3 \times 100 / AlN \leq 3$ 、かつ $2Y_2O_3 \cdot Al_2O_3 \times 100 / AlN \leq 1$ であることを特徴とする回路基板の製造方法。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 窒化アルミニウム基板の表裏面に、 $Al-Cu-Mg$ 系合金箔の接合材を介して Al 板を配置し、それを加熱処理して接合体を製造した後エッチングを行い、窒化アルミニウム基板の一方の面に Al 回路、他方の面に Al 放熱板を形成させる方法であって、上記 Al 板が、厚み 0.2mm 以上、圧延率 10% 以上、かつ冷間加工後に軟化熱処理が施こされていない圧延 Al 板であり、また上記窒化アルミニウム基板が、 X 線回折ピーク強度比で、 $3Y_2O_3 \cdot 5Al_2O_3 \times 100 / AlN \leq 3$ 、かつ $2Y_2O_3 \cdot Al_2O_3 \times 100 / AlN \leq 1$ であることを特徴とする回路基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パワーモジュール等に使用される回路基板の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、パワーモジュール等に利用される半導体装置においては、アルミナ、ベリリア、窒化ケイ素、窒化アルミニウム等のセラミックス基板の表裏面に、 Cu 又は Al の回路と放熱板とがそれぞれ形成されてなる回路基板が用いられている。このような回路基板は、樹脂基板と金属基板との複合基板ないしは樹脂基板よりも、高絶縁性が安定して得られることが特長である。

【0003】回路及び放熱板の材質が、 Cu よりも Al とする利点は、 Cu では、セラミックス基板や半田との熱膨張差に起因する熱応力の発生が避けられないので、長期的な信頼性が不十分であるのに対し、 Al は、熱伝導性や電気伝導性ではやや Cu よりも劣るが、熱応力を受けても容易に塑性変形するので、応力が緩和され、信頼性が飛躍的に向上することである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、 Al の上記塑性変形は、 Al の種類によって著しく異なる。特に、塑性変形が、回路又は放熱板の一部に集中して発生すると、メッキやボンディングワイヤの剥離が生じるようになる。これを避けるため、硬度の高い Al を用いると、当然応力緩和効果が低下してしまう。従って、応力緩和効果を十分に維持しながら、回路及び放熱板として支障なく使用できる程度に塑性変形させるという二律背反を達成しなければならない課題がある。

【0005】この課題を解決するため、従来、メッキ組成(特開平8-260187号公報)、セラミックス基板の表面改質(特開平8-260186号公報)、 Al 板の粒径規定(特開平8-156330号公報)等、多くの提案があるが、十分に満足できるものではなかった。すなわち、半田やセラミックス基板にクラックが発生したり、ボンディングワイヤやメッキが剥離することがしばしばあった。

【0006】本発明者は、上記に鑑みて種々検討した結果、数多くある Al 材料の中から、熱応力による塑性変形を比較的均一に生じさせやすい Al 材料を見いだすと共に、セラミックス基板を特定の助剤相を持つ窒化アルミニウム基板とし、しかも両者を特定成分の接合材を用いて接合すれば、上記課題を高度に解決できることを見だし、本発明を完成させたものである。

【0007】本発明の目的は、半田やセラミックス基板へのクラックの発生のみならず、ボンディングワイヤやメッキの剥離をも著しく防止した高信頼性の回路基板を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明は、窒化アルミニウム基板の表裏面に、 $Al-Cu-Mg$ 系合金箔の接合材を介して Al 板を配置し、それを加熱処理して接合体を製造してからエッチングを行い、窒化アルミニウム基板の一方の面に Al 回路、他方の面に Al 放熱板を形成させる方法であって、上記 Al 板が、厚み 0.2mm 以上、圧延率 10% 以上、かつ冷間加工後に軟化熱処理が施こされていない圧延 Al 板であり、また上記窒化アルミニウム基板が、 X 線回折ピーク強度比で、 $3Y_2O_3 \cdot 5Al_2O_3 \times 100 / AlN \leq 3$ 、かつ $2Y_2O_3 \cdot Al_2O_3 \times 100 / AlN \leq 1$ であることを特徴とする回路基板の製造方法である。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、更に詳しく本発明について説明する。

【0010】本発明の特徴は、窒化アルミニウム基板と、接合される Al 板の加工度と、接合材とを最適化することによって Al 板の塑性変形を比較的均一に発生させて強固に接合させ、もってメッキやボンディングワイヤの剥離と、半田やセラミックス基板のクラックの発生とを著しく軽減させたことである。

【0011】本発明が講じた第1の手段は、 Al 板の加工度の規定であり、圧延率 10% 以上で冷間加工後に軟化熱処理の施こされていない圧延 Al 板を用いたことである。

【0012】 Al 材は、 JIS に規定してあるだけでも数十種類の調質レベルがあり、硬度や引張り強さ、成形性等の物性が異なる。これは、 Al 材が圧延時の断面減少率や熱処理によって結晶の配向性や歪み、欠陥等が容易に変化することによるものである。回路基板に使用する際には、高温で接合後にも原料 Al 板の特性が強く影響するため、この特性を十分に理解したうえで用いなくてはならない。従って、例えば、溶融した Al 材を直接接合する溶湯法(例えば、特開平8-208359号公報等)では、 Al 材の調質が困難であるので、適切であるとはいえない。

【0013】すなわち、溶湯法による Al 材は、鑄放しのままであって圧延加工は行われていない。このような

Al材では、熱応力を受けた際に塑性変形が不均一に発生しやすくなり、部分的な変形が大きくなって、メッキやボンディングワイヤの剥離が生じたり、半田クラック等の損傷が大きくなる。

【0014】一方、詳細なメカニズムは不明であるが、O材のように焼鈍したAl板や、押し出しのまま又は鋳放しのままのF材等のように加工度の著しく低いAl板を用いて作製された回路基板であっても、ヒートショックやヒートサイクルを受けると塑性変形は部分的に集中し、同様な不都合が生じる。この理由としては、接合材を用いてAl板を窒化アルミニウム基板に接合するに
10 は、Alの軟化温度よりも高温で熱処理されるので、接合材がAl板中に最大0.1mm程度まで拡散することと関係していると考えられる。

【0015】これに対し、本発明のように、圧延率10%以上で、しかも冷間加工後に軟化処理の施されていない圧延Al板を用いれば、そのものはロールで均一な圧延が繰り返し行われているので、比較的均一な塑性変形を起こし、上記不都合は著しく少なくなる。Al板の圧延率は、大きいほど均一な塑性変形を起こすので好ましいが、その反面、あまり大きな圧延率の制限は材料の選
20 択に制限を与え、安定供給性に欠ける。

【0016】本発明で使用されるAl板をJIS記号で示せば、H12～H18であり、特に好ましくはH14～H18である。但し、JIS記号は引張り強さで規定したものであるので、これに制限されるものではなく、例えば、軟化熱処理したH24材を購入して、これを更に10%以上圧延して使用しても構わない。

【0017】Al板の厚みについては、パワーモジュール用途の大電流に十分対応可能な導電性を確保すること、及び接合材成分が加熱処理中にAl板中に最大0.1mm程度まで拡散することを考慮し、少なくとも0.2mmは必要である。

【0018】Al板の純度は、高純度である程、電気的、熱的特性が良好であるが、高純度のものは高価である。通常に入手可能な99.85重量%程度品で十分である。

【0019】本発明が講じた第2の手段は窒化アルミニウム基板の規定である。本発明で使用される窒化セラミックス基板は、 Y_2O_3 を焼結助剤として焼成されたものであり、その表面のCuK α によるX線回折ピーク強度比が、 $3Y_2O_3 \cdot 5Al_2O_3 \times 100 / AlN \leq 3$ 、かつ $2Y_2O_3 \cdot Al_2O_3 \times 100 / AlN \leq 1$ であるものである。このような表面特性を有する窒化アルミニウム基板は、酸化処理等の煩雑な表面処理を施さなくとも、後述するAl-Cu-Mg系合金箔を用いて、上記Al板と十分に強い強度で接合させることができる。窒化アルミニウム基板の熱伝導率としては、130W/mK以上が好ましい。

【0020】窒化アルミニウム基板表面の助剤相は、接

合性に強く影響し、 $2Y_2O_3 \cdot Al_2O_3$ が多いと接合が困難となる。一方、 $3Y_2O_3 \cdot 5Al_2O_3$ の多い窒化アルミニウム基板では熱伝導率が低くパワーモジュール用としては不適切である。このようなことから、本発明においては、両者の助剤相が上記のように制限される。

【0021】窒化アルミニウム基板の表面特性の調整は、原料窒化アルミニウム粉中の Al_2O_3 分と Y_2O_3 分組成比、(B)脱脂後焼成前までの増加酸素量、(C)焼成温度等によって行うことができる。例えば、 $2Y_2O_3 \cdot Al_2O_3$ が多い場合には、相対的に Al_2O_3 分を増やせば良いので、酸素量の多い窒化アルミニウム粉末原料を用いるか、 Al_2O_3 を添加して Y_2O_3 分を減らす。一方、 $Y_2O_3 \cdot Al_2O_3$ が多い場合には、 Y_2O_3 の添加量を減らすか、焼成温度を下げる。その他、脱脂を空気中で行えば Al_2O_3 分を増加させることができる。

【0022】本発明で講じられた第3の手段は、窒化アルミニウム基板と圧延Al板とを、Al-Cu-Mg系合金箔の接合材を用いて接合したことである。この理由は、Al-Cu-Mg系合金は、高力Al合金や耐熱Al合金として広く普及しており、溶化も容易であるのでコスト的に有利であること、また、Al-Cu-Mg系合金は、SiやGeに比べてCu、MgがAl中に均一に拡散しやすいため、局所的な溶融が生じたり、余分な接合材が押し出されてはみ出しが生じ難くなり、比較的短時間で安定した接合が可能となること、等による。

【0023】Al-Cu-Mg系合金箔の厚みは、0.015～0.040mmであることが好ましい。厚みが0.015mm未満では、接合が困難となり、0.040mmをこえると、Cu、Mgが拡散して生じるAl中の硬化層が広がるので、熱履歴を受けた際に信頼性が低下する原因となる。Al-Cu-Mg系合金箔は、窒化アルミニウム基板側、Al板側のどちらに配置しても良く、また、あらかじめAl板とクラッド化しておくこともできる。

【0024】本発明の回路基板の製造方法においては、まず、Al-Cu-Mg系合金箔は、窒化アルミニウム基板とAl板の間に配置され、熱処理して接合体が製造される。接合は、窒素等の非酸化性雰囲気又は真空雰囲気下、温度580～650℃で10～100分間程度保持することによって行われる。この場合、窒化アルミニウム基板面に対して垂直方向から15～100kgf/cm²、特に20～80kgf/cm²の圧力をかけることは好ましいことであり、これによって、十分な接合を安定して得ることができ、しかもAl板の塑性変形が比較的均一に生じる。加圧は、積層体に重しを載せる、治具等を用いて機械的に挟み込む等によって行うことができる。

【0025】本発明においては、Al板のかわりにAl板のパターンを、またAl-Cu-Mg系合金箔のかわりにそのパターンを用いて加熱接合することもできる。

この場合は、後工程のエッチング処理を省略できることが多い。

【0026】次いで、接合体はエッチングされ、所望形状の回路と放熱板が窒化アルミニウム基板表裏面に形成される。エッチングは、通常のレジストを用い、通常の工程で行うことができる。また、形成された回路及び放熱板にはメッキ等の表面処理が必要に応じて行われる。

【0027】

【実施例】以下、実施例と比較例をあげて更に具体的に本発明を説明する。

【0028】実施例1～3 比較例1～5

用いた窒化アルミニウム基板は、いずれも大きさ2インチ角であり、レーザーフラッシュ法による熱伝導率 ($n=3$ の平均)、3点曲げ強度 ($n=5$ の平均)、X線回折による助剤相 ($n=3$ の平均)を表1に示した。

【0029】窒化アルミニウム基板の表裏面に接合材を介してAl板を配置し、カーボン製押し板をねじ込みできる治具を用いて窒化アルミニウム基板に対して垂直方向に均等に加圧しながら熱処理を行った。用いたAl板

及び接合材を表2に示す。Al材は、冷間加工後に軟化処理の施されていないものを用いた。接合条件を表3に示す。

【0030】得られた接合体にエッチングレジストをスクリーン印刷し、 $FeCl_3$ 液でエッチングした。次いで、レジストを剥離した後、無電解Ni-Pメッキを3 μm 施して回路基板を製造した。

【0031】回路基板にAlワイヤーを超音波でボンディングした後、中央部に13mm角のSiチップを半田付けした。これを10枚づつヒートサイクル試験を行った。ヒートサイクル試験は、 $-40^{\circ}C \times 30分 \rightarrow 室温 \times 10分 \rightarrow 125^{\circ}C \times 30分 \rightarrow 室温 \times 10分$ を1サイクルとして3000サイクル実施した。ヒートサイクル試験後、ボンディングワイヤーの剥離や半田クラック等の損傷の有無を調べた後、回路及び放熱板を塩酸で溶解し、窒化アルミニウム基板のクラックの有無を観察した。それらの結果を表4に示す。

【0032】

【表1】

		窒化アルミニウム基板			
		熱伝導率 (W/mK)	3点曲げ強度 (MPa)	X線回折(注1)	
				3Y5A	2YA
実施例	1	175	453	1	0
	2	184	433	0	0.5
	3	171	467	2	0
比較例	1	171	467	2	0
	2	184	433	0	0.5
	3	175	453	1	0
	4	128	394	6	0
	5	188	388	0	2

(注1) 3Y5A: X線回折強度ピーク比が、 $3Y_2O_3 \cdot 5Al_2O_3 \times 100 / AlN$ を表す。
2YA: X線回折強度ピーク比が、 $2Y_2O_3 \cdot Al_2O_3 \times 100 / AlN$ を表す。

【0033】

【表2】

		Al板(注2)			接合材	
		純度 (%)	厚み (mm)	圧延率 (%)	材質	厚み (mm)
実施例	1	>99.99	0.5	70	Al-3.6%Cu-0.6%Mg	0.018
	2	>99.9	0.4	50	Al-4.7%Cu-0.4%Mg	0.024
	3	99.85	0.4	20	Al-3.1%Cu-0.9%Mg	0.037
比較例	1	99.85	0.4	0	Al-5.6%Si	0.035
	2	99.85	0.5	4	Al-13%Ge	0.050
	3	99.85	0.5	8	Al-3.6%Cu-0.6%Mg	0.018
	4	99.85	0.5	70	Al-3.6%Cu-0.6%Mg	0.018
	5	99.85	0.5	70	Al-3.6%Cu-0.6%Mg	0.018

(注2) Al材の純度はメーカー保証値

【0034】

【表3】

		接合条件			
		温度(℃)	時間(min)	圧力(kgf/mm ²)	雰囲気
実施例	1	630	10	30	N ₂
	2	595	60	60	真空
	3	615	30	45	真空
比較例	1	640	5	25	真空
	2	575	20	2	真空
	3	625	30	5	N ₂
	4	625	30	0.5	N ₂
	5	625	30	5	N ₂

【0035】

10 【表4】

		外観(ボンディングワイヤ・メッキ剥離不良品)	基板クラック	半田クラック	
				チップ下	基板下
実施例	1	0/10	0/10	0/10	0/10
	2	0/10	0/10	0/10	0/10
	3	0/10	1/10	0/10	1/10
比較例	1	5/10パターン剥離	4/10	5/10	2/10
	2	3/10ワイヤ剥離、1/10メッキ剥離	2/10	2/10	3/10
	3	2/10ワイヤ剥離、1/10メッキ剥離	1/10	3/10	4/10
	4	3/10パターン剥離、2/10ワイヤ剥離	1/10	1/10	3/10
	5	4/10パターン剥離	3/10	0/10	0/10

【0036】表1～4から明らかなように、本発明の実
 施例は、いずれもヒートサイクル試験3000サイクル
 後においてもボンディングワイヤやメッキの損傷がな
 く、半田や窒化アルミニウム基板へのクラック発生も著
 しく少なかった。これに対して、本発明と異なる接合材
 を用いた比較例1や、窒化アルミニウム基板が本発明の
 範囲外である比較例4、5では、ヒートサイクル後に回
 路パターン剥離が生じた。また、A1材が本発明の範
 囲内にない比較例3では、ボンディングワイヤやメッキ

の剥離が認められ、半田や窒化アルミニウム基板にクラ
 ックが発生するなど、高信頼性回路基板としては、不十
 分なものであった。

【0037】

【発明の効果】本発明によれば、半田や窒化アルミニウ
 ム基板へのクラック発生のみならず、ボンディングワイ
 ヤやメッキの剥離損傷を著しく少なくすることができる
 高信頼性回路基板を製造することができる。

フロントページの続き

(72)発明者 寺野 克典

福岡県大牟田市新開町1 電気化学工業株
 式会社大牟田工場内